

사육조건이 꽃게 (*Portunus trituberculatus* (Miers)) 유생과 어린 게의 생존과 성장에 미치는 영향

서형철·임한규^{1*}·김종식·조영록·장인권·강언중¹
국립수산과학원 서해수산연구소 해역산업과, ¹국립수산과학원 전략양식연구소 양식관리과

Effects of Culture Conditions on the Survival and Growth of Larvae and Young Swimming Crabs *Portunus trituberculatus* (Miers)

Hyung Chul Seo, Han Kyu Lim^{1*}, Jong Seek Kim, Yeong Rok Cho, In Kwon Jang and Eon-Jong Kang¹

Aquaculture Industry Division, West Sea Fisheries Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Incheon 400-420, Korea

¹Aquaculture Management Division, Aquaculture Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea

The effects of food, temperature, salinity, and rearing density on the survival and growth of the swimming crab *Portunus trituberculatus*, were studied. With regard to food, the larval survival rate to zoea IV was the highest (53.9%) in the mixed feed group (rotifers+*Artemia*), followed, in order, by the rotifer, commercial feed, and *Artemia* groups. The growth of young crabs reared on different diets was the highest in group VI. The survival rate to zoea II at 20 to 30°C ranged between 77.2% and 83.1%, and was the highest for crab I (17.3%) at 25°C. When young crabs were cultured individually at four different temperatures (20, 25, 30, and 35°C), the growth did not differ significantly at 25 to 30°C, but was higher than at 20°C. The survival rate of larvae to crab I was 12.7 and 11.4% at 25 and 28 psu, respectively, while all of the larvae died at 15 psu. For young crabs, there was no significant difference in growth and survival from 20 to 30 psu. The survival rate decreased with increasing rearing density from zoea I to crab I. Each molting cycle took 1 month from crab I to VIII. Subsequently, the interval increased with growth. The mean body weight of crab XV after 24 months was 428.05±57.63 g.

Key words: Blue crab, *Portunus trituberculatus*, Growth, Survival, Temperature, Salinity, Feed

서 론

갑각류와 같이 탈피에 의해 성장하는 동물들은 직접적인 연령사정이 어렵기 때문에 개체 사육기간 동안 탈피에 의한 크기 증가와 탈피주기 등 간접적인 방법들을 이용하여 성장을 파악하는 경우가 많다 (Passano, 1960; Kurata, 1962; Hartnoll, 1982, 1983). 갑각류는 성장을 위해서 반드시 탈피라는 과정을 거쳐야만 하며 성장을 계속하는 동안에는 일정한 탈피주기가 계속되고, 탈피주기와 성장은 먹이, 수온, 염분, 사육밀도 그리고 광주기 또는 광의 세기 등과 같은 여러 가지 환경요인에 의하여 영향을 받게 된다 (Hartnoll, 1982; Sulkin et al., 1998; Minagawa, 1992). 먹이의 경우 양과 질에 따라서 직접적으로 유생의 성장에 영향을 미치며 (Suprayudi et al., 2002), 수온은 대사작용에 영향을 미쳐 성장에 큰 차이를 보이게 하고 있으며 (Kim and Hong, 2004; Ma et al., 2009), 염분의 경우 주로 수온과 복합작용으로 성장 및 생존에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Weinberg, 1982; Nagaraj, 1992). 광주기와 광의 세기는 생존율에 직접적으로 영향을 미치지 않지만, Australian

giant crab에서 유영능력과 먹이 섭취에 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다 (Gardner and Maguire, 1998).

꽃게 *Portunus trituberculatus*는 한국을 비롯한 중국 및 일본 등에서 주로 어획되고 있으며, 이들 국가의 갑각류 어획량에서 차지하는 비중이 매우 크고 경제성이 높아 1930년대부터 일본에서 종묘생산에 관한 연구가 시작되었으며 (Oshima, 1938), 그 후 종묘방류효과 (Oda and Bamba, 1982; Oda and Kamaki, 1988) 등에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 그러나 국내에서는 꽃게의 산업적 중요성에도 불구하고 초기유생 및 종묘생산에 관한 보고 (Pyen, 1970; Rho and Park, 1976; Ma et al., 2009)와 본 종의 성장이나 성장에 미치는 요인에 관한 연구결과는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구는 꽃게 유생 및 어린 게의 성장과 탈피에 영향을 미치는 수온, 염분, 밀도 및 먹이 등의 영향을 구명하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

사육 조건에 따른 유생의 생존율

실험에 사용한 어미 꽃게는 태안 근해에서 통발로 어획된 개체를 콘크리트 수조 (3×4×1 m)에 수용하여 순치시킨 개체

*Corresponding author: limhk@nfrdi.go.kr

였다. 이때 사육수는 자연해수를 여과하여 (cartridge filter, pore size, 3 μ m) 사용하였고 매일 전체 사육수량의 50%를 환수시켰다.

먹이 종류, 수온, 염분 및 사육 밀도에 따른 유생의 성장과 생존율을 조사하기 위하여 25 $^{\circ}$ C에서 부화된 zoea 1기 유생 중 활발하게 사육수 표층에 부상하여 군집을 이루는 유생을 채집하여 실험에 이용하였다.

유생의 먹이 종류별 생존을 규명하기 위해 사육 수온은 25.6 \pm 0.7 $^{\circ}$ C, 염분은 28 psu로 조절하였고 환수량은 매일 전체 사육수의 10%씩 교환하였다. 유생 수용밀도는 50 inds.L $^{-1}$ 로 설정하여 플라스틱 수조 (40 \times 60 cm)에 실험구별로 2,000마리씩 수용하였다. 먹이 종류에 따른 성장을 조사하기 위하여 4개의 먹이 계열로 나누어서 비교하였다. 실험구 I은 rotifer (*Brachionus* sp.)를 zoea 1-2기에 7-8 inds.mL $^{-1}$, zoea 3-4기에 10-12 inds.mL $^{-1}$ 밀도로 공급하였고, 실험구 II는 artemia (*Artemia* sp.)를 zoea 1-2기에 3-4 inds.mL $^{-1}$, zoea 3-4기에 6-8 inds.mL $^{-1}$ 의 밀도로 공급하였다. 실험구 III은 rotifer와 artemia를 혼합공급한 실험구로 zoea 1-2기에 rotifer를 7-8 inds.mL $^{-1}$, zoea 3-4기에 artemia를 6-8 inds.mL $^{-1}$ 의 밀도로 공급하였다. 실험구 IV는 배합사료 (Argent Chemical Lab. Wa., USA; diameter 30-450 μ m)를 zoea 1-2기에 2 g, zoea 3-4기에는 3 g씩 매일 3회로 나누어 공급하였다. 배합사료의 입자크기는 유생의 성장에 따른 입 크기에 따라 결정하였다.

유생의 적정 사육 수온을 파악하기 위하여 20 $^{\circ}$ C, 25 $^{\circ}$ C, 30 $^{\circ}$ C 및 35 $^{\circ}$ C의 4개 실험구로 구분하였으며 유생사육조건은 먹이 종류별 실험과 동일한 조건을 유지하였다.

염분에 따른 유생의 적응능력과 적정 염분을 규명하기 위하여 10 psu, 15 psu, 20 psu, 25 psu 및 28 psu로 조절하였으며, 저염분 실험구는 하루에 5 psu씩 염분을 낮추어 유생에 대한 스트레스를 최소화 하였고, 수온은 26.7 \pm 1.1 $^{\circ}$ C의 범위를 유지하였다.

유생의 밀도별 생존을 조사를 위하여 실험구 I은 10 inds.L $^{-1}$, 실험구 II는 20 inds.L $^{-1}$, 실험구 III은 50 inds.L $^{-1}$, 실험구 IV는 100 inds.L $^{-1}$ 의 밀도로 수용하였으며 사육조건은 이전 실험과 동일하게 하였다.

유생성장에 따른 각 단계별 생존을 조사는 충분한 aeration으로 유생을 골고루 분산시킨 후 1 L 비이커를 이용하여 각 실험구에서 5회씩 채수하고 유생수를 계수, 관찰하여 각 단계별 탈피과정 및 생존율을 조사하였다. 탈피기간은 각 유생단계별 탈피개체의 처음 출현시기와 최종시기의 평균 일수로 산출하였으며, 모든 실험은 3반복으로 실시되었다.

사육 조건에 따른 어린 게의 성장과 생존율

7월에 부화된 유생을 사육하여 crab 1기로 변태된 어린 게를 실험에 사용하였다. 공식을 방지하기 위해 실험구별로 20마리를 개체별로 분리하여 30일간 사육하였다. 실험구 I은 어류 (보구치, *Pennahia argentatus*; 고등어, *Scomber japonicus*)를 공급하였고, 실험구 II는 패류 (바지락, *Ruditapes philippinarum*; 피조개, *Scapharca broughtonii*), 실험구 III은 갑각류 (곤쟁이,

Neomysis awatschensis; 중하, *Metapenaeus joyneri*), 실험구 IV는 오징어류 (*Todarodes pacificus*), 실험구 V는 배합사료 (dry pellet, \varnothing 3 mm), 실험구 VI은 앞의 모든 먹이를 혼합한 먹이 (어류+패류+갑각류+오징어류+배합사료)를 공급하였다. 실험구 I-III은 매일 한 종류씩 번갈아 육질부를 세절하여 공급하였으며, 실험구 VI은 매일 사료 종류를 상기의 순서대로 번갈아 공급하였다. 먹이 공급량은 매일 체중의 10%씩 공급하였으며, 사육기간 동안 수온은 22.0-25.8 $^{\circ}$ C, 염분은 27-28 psu 범위였다. 먹이 공급 시 폐사 개체를 육안으로 관찰 조사하였으며, 탈피한 개체는 갑각이 딱딱해진 후 체중, 갑장 및 갑폭을 측정하였다. 탈피기간은 개체별 탈피 일수를 합하여 평균 탈피기간을 산출하였다.

어린 게의 적정 사육 수온 등을 조사하기 위하여 20 $^{\circ}$ C, 25 $^{\circ}$ C, 30 $^{\circ}$ C, 35 $^{\circ}$ C, 40 $^{\circ}$ C의 5개 실험구를 설정하여 먹이별 실험에서와 같이 crab 1기를 사용하여 동일한 사육방법으로 30일 동안 사육하였다. 먹이공급은 갑각류 종묘생산시 일반적으로 사용하는 바지락과 오징어를 1:1 비율로 혼합하여 매일 체중의 10%를 공급하였다.

어린 게의 염분에 대한 내성을 조사하고자 염분을 10 psu, 15 psu, 20 psu, 25 psu, 28 psu로 나누고 crab 7기 (체중 5.1 \pm 0.7 g, 갑장 20.9 \pm 1.4 mm, 전갑폭 43.8 \pm 2.1 mm)의 어린 게를 35일 동안 사육하였다. 염분을 조절한 각 사육수를 매일 10%씩 환수하였으며, 실험기간 동안 사육 수온은 24.2-27.6 $^{\circ}$ C 범위였다. 먹이는 오징어와 바지락을 매일 어린 게 체중의 5-10%씩 공급하였으며, 기타 사육방법은 이전 실험과 동일한 조건을 적용하였다.

장기 사육

장기간 어린 게의 성장, 생존 및 탈피기간 등을 관찰하기 위하여 crab 1기의 어린 게를 개체별로 수용하여 24개월간 사육하였다. 먹이 종류는 잡어, 오징어, 바지락 및 곤쟁이를 매일 1종류씩 번갈아 공급하였으며, 공급량은 체중의 7%를 섭취활동이 활발하게 시작되는 오후 5-6시에 공급하였다. 사육 수온은 계절의 변화에 따라 6.1-27.3 $^{\circ}$ C, 염분은 27.2-32.4 psu 범위였다. 생존율은 매일 개체별로 생존여부를 육안으로 파악하였고, 탈피한 개체는 실험실로 옮겨 체중을 측정 후, 갑장 및 전갑폭을 버니어캘리퍼스로 측정하고 다시 사육수조에 수용하였다. 성장에 따른 제 2차 성징의 변화를 관찰하기 위하여 crab 1기부터 crab 5기까지 각 탈피단계별로 5% 중성포르말린에 고정하여 해부현미경 (\times 40)으로 관찰 한 후 단계별로 복부를 스케치하였다.

통계처리

각 실험 결과로부터 얻어진 모든 측정값들은 평균 \pm 표준편차로 표시하였다. 측정값들 사이의 유의차 유무는 95%의 신뢰수준에서 ANOVA와 Tukey's multiple range test로 검정하였다.

결 과

사육 조건에 따른 유생의 생존율

유생기의 성장에 따른 먹이 종류별 생존율은 Fig. 1A와 같이

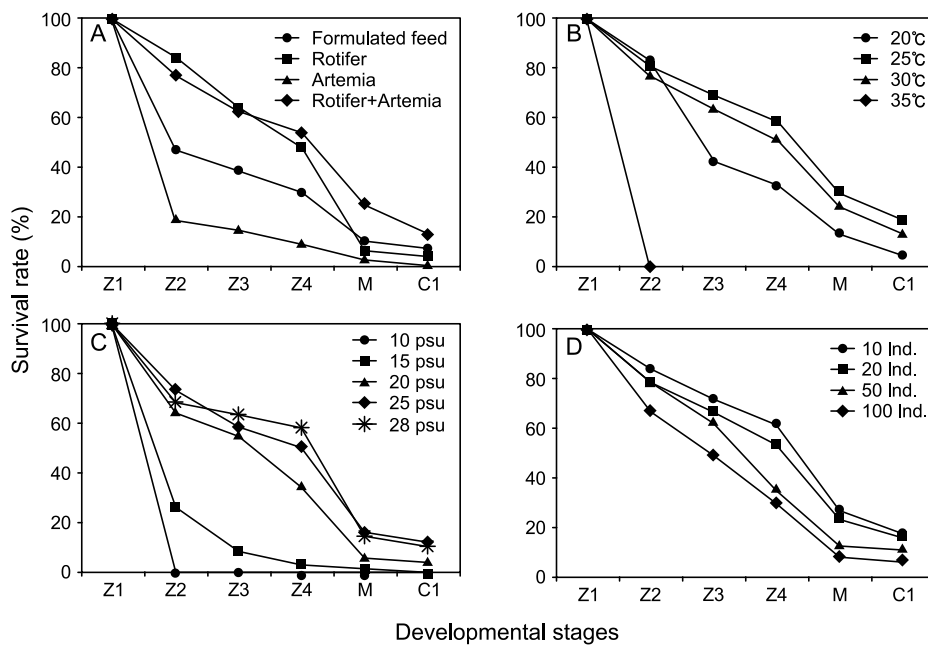


Fig. 1. Survival rate of the swimming crab *Portunus trituberculatus* larvae on the various feeds, water temperatures, salinities and rearing densities. A: feed, B: water temperature, C: salinity, D: rearing density.

먹이 종류에 따라 서로 상이하게 나타났다. Zoea 2기까지의 생존율은 rotifer 공급구와 rotifer+artemia 혼합 공급구의 생존율이 83.6%, 77.3%로 배합사료 공급구의 46.2%와 Artemia 단독 공급구의 18.3%에 비하여 현저하게 높았다. Zoea 3기까지는 rotifer 공급구에서 63.8%로 가장 높은 생존율을 보였고, zoea 4기까지는 rotifer+artemia 혼합공급구에서 생존율이 53.9%로 rotifer 단독공급구의 48.2%보다 높게 나타났다.

수온이 각 유생단계별 생존율에 미친 영향은 Fig. 1B와 같다. Zoea 2까지는 30°C 이하에서 모두 77.2% 이상의 높은 생존율을 나타내었지만 35°C에서는 전 개체가 폐사하였다. 25°C와 30°C에서는 crab 1기까지의 전 유생단계에서 생존율이 17.3%, 13.4%로 비슷하였으나 20°C에서는 3.9%로 현저하게 낮아졌다. 수온 20°C와 25°C에서 zoea 1기의 instar 기간이 4-5일로 동일하였다. 높은 수온의 실험구에서 instar기간이 단축되는 경향이 전 유생의 단계에서도 동일한 현상으로 나타났으며, 특히 30°C에서는 다른 실험구들 보다 2-3일 단축되었다 (Table 1).

Table 1. Effects of water temperature on duration of larval development at each stage in the swimming crab *Portunus trituberculatus*

Temp. (°C)	Stage					
	Z1	Z2	Z3	Z4	M	C1
20	4-5	3-4	3-4	4-8	4-9	19-20
25	4-5	2-3	2-3	3-4	4-6	15-17
30	2-3	2-3	2-3	2-3	4-5	12-15
35	-	-	-	-	-	-

Z: Zoea, M: Megalopa, C: crab, -: dead.

염분이 가장 낮은 10 psu에서는 유생들이 zoea 2기로 성장하지 못하고 전량 폐사되었다. 15 psu에서는 zoea 2기의 생존율이 26.0%로 급격히 감소하였으며, 변태 성장함에 따라 점차 감소하여 megalopa기까지 1.8%가 생존하였으나 어린 계로는 변태하지 못하였다. 20 psu에서는 crab 1기까지 4.1%가 생존하였으나 25 psu 및 28 psu에서는 각각 12.7% 및 11.4%의 생존율을 나타내었다 (Fig. 1C).

꽃게 유생의 사육밀도에 따른 생존율은 밀도가 증가함에 따라 저하되는 경향이 뚜렷하였다. 10 inds.L⁻¹에서는 18.0%, 20 inds.L⁻¹에서는 17.1%로 높은 생존율을 보인 반면, 100 inds.L⁻¹에서는 crab 1기까지의 생존율이 7.2%로 매우 낮았다 (Fig. 1D).

사육 조건에 따른 어린 계의 성장과 생존율

어린 계의 성장은 먹이생물의 종류에 따라 차이를 보였다. 평균 체중 0.007±0.0007 g의 crab 1기는 어류, 패류, 갑각류, 배합사료, 오징어 등을 혼합 공급한 실험구VI에서 crab 7기까지 탈피하여 평균 체중 4.1±0.7 g, 평균 갑장 20.3±2.5 mm, 평균 갑폭 42.2±3.0 mm로 가장 양호한 성장을 보였다. 조개류, 갑각류, 오징어류를 공급한 실험구 II, III, IV는 crab 6-crab 7기까지 탈피하여 각각 평균 체중 3.6±0.4 g, 2.7±0.9 g, 2.1±0.7 g으로 성장하였다. 그러나 어류와 배합사료를 공급한 실험구 I과 V에서는 crab 5-6기로 평균 체중이 각각 1.3±0.1 g, 1.0±0.2 g로 성장하여 다른 실험구보다 상대적으로 낮은 성장률을 나타내었다. 먹이 종류별 생존율은 배합사료 공급구가 100%로 가장 양호하였으며, 혼합공급구가 95%, 패류와 오징어 공급구에서 각각 90%, 갑각류와 어류 공급구에서 각각 85%로 나타났다 (Table 2).

Table 2. Effects of various feeds on the growth and survival of the swimming crab *Portunus trituberculatus* juvenile after 30 days

Feeds	Body weight (g)	Carapace Length (mm)	Carapace Width (mm)	Survival Rate (%)
Initial	0.007 ± 0.0007	2.65 ± 0.15	4.57 ± 0.12	-
Exp. I (Fish)	1.3 ± 0.1 ^d	13.5 ± 0.5 ^c	29.1 ± 1.1 ^d	85
Exp. II (Shellfish)	3.6 ± 0.4 ^a	19.2 ± 1.0 ^a	40.4 ± 1.6 ^a	90
Exp. III (Crustacea)	2.7 ± 0.9 ^b	17.0 ± 1.9 ^b	35.8 ± 4.3 ^b	85
Exp. IV (Cuttlefish)	2.1 ± 0.7 ^c	15.7 ± 1.6 ^b	32.3 ± 2.9 ^c	90
Exp. V (Formulated feed)	1.0 ± 0.2 ^d	12.5 ± 1.4 ^c	25.8 ± 3.7 ^d	100
Exp. VI (Mixture)	4.1 ± 0.7 ^a	20.3 ± 2.5 ^a	42.2 ± 3.0 ^a	95

Table 3. Effect of water temperature on the growth and survival of the swimming crab *Portunus trituberculatus* juvenile after 30 days

Water temperature (°C)	Body weight (g)	Carapace length (mm)	Carapace width (mm)	Survival rate (%)
Initial	0.007 ± 0.0007	2.65 ± 0.15	4.57 ± 0.12	-
20	1.4 ± 0.2 ^b	13.8 ± 0.66 ^b	29.2 ± 1.08 ^b	100
25	4.1 ± 0.9 ^a	20.0 ± 1.36 ^a	42.0 ± 3.72 ^a	95
30	3.6 ± 1.4 ^a	18.9 ± 2.12 ^a	40.3 ± 5.17 ^a	90
35	-	-	-	0
40	-	-	-	0

Table 4. Effect of salinity on the growth and survival of the swimming crab *Portunus trituberculatus* juvenile after 35 days

Salinity (psu)	Body weight (g)	Carapace length (mm)	Carapace width (mm)	Survival rate (%)
Initial	5.1 ± 0.7	20.9 ± 1.4	43.8 ± 2.1	-
10	-	-	-	0
15	8.2 ± 7.5 ^b	23.7 ± 6.2 ^b	50.1 ± 13.0 ^b	40
20	18.4 ± 7.0 ^a	31.9 ± 4.2 ^a	69.8 ± 9.0 ^a	95
25	15.2 ± 6.4 ^a	30.9 ± 4.9 ^a	66.2 ± 11.5 ^a	90
28	15.6 ± 4.7 ^a	30.7 ± 3.0 ^a	67.1 ± 7.7 ^a	85

어린 게의 수온별 성장 및 생존율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 20°C에서는 1개월 동안 crab 6기까지 탈피하여 평균 체중이 1.44±0.16 g이었으며, 이때의 생존율은 100%로 가장 양호하게 나타났다. 25°C와 30°C에서는 crab 7기까지 탈피하여 각각 평균 체중이 4.11±0.88 g, 3.56±1.38 g으로 나타났으며, 생존율은 95%, 90%이었다. 35°C와 40°C에서는 crab 5기까지 탈피를 못하고 전량 폐사하였다.

염분에 따른 어린 게의 성장은 10 psu에서는 실험시작 5일째 전량 폐사하였으며, 15 psu에서는 실험기간동안 체중 10 g 이하의 저조한 성장을 보였다. 20 psu에서는 평균 체중이 18.4 g 이상으로 성장하였으나, 염분을 점차 높인 25-28 psu에서는 15.6-15.8 g 수준으로 체중 성장이 20 psu에 비해 오히려 낮았다. 염분에 따른 생존율은 10 psu에서는 실험시작 5일만에 모두 폐사하였으며, 15 psu에서는 35일이 지난 후 생존율이 40% 수준으로 급격히 감소하였고, 20 psu 이상에서는 80% 이상의 높은 생존율을 유지하였다 (Table 4).

장기 사육

사육 수온이 20°C 이상 지속되는 시기에 어린 게의 성장은 crab 1기의 평균 체중 0.007±0.0007 g, 평균 갑장 그리고 평균 전갑폭 각각 2.7±0.2 mm, 4.6±0.1 mm에서 약 35일 후 평균 체중 10.0±0.2 g, 평균 갑장 27.1±1.3 mm, 평균 전갑폭 57.5±

2.8 mm로 성장하였다. 하지만, 수온이 20°C 이하로 내려가는 10월부터 탈피가 중지되어 갑장과 갑폭의 변화는 없었고, 체중의 경우는 저수온기 (11월-5월까지, 약 200일 동안) 동안 평균 9.2%의 감소를 보였다. 수온이 다시 20°C 이상으로 상승하는 6월부터는 다시 성장이 시작되어 10월에는 평균 체중 359.68±45.66 g, 평균 갑장 83.6±7.2 mm, 평균 전갑폭 179.7±15.7 mm로 성장하였고, 이후 다시 겨울철을 거친 후 24개월이 되는 6월에 평균 체중 428.05±57.63 g, 평균 갑장 91.5±4.5 mm, 평균 전갑폭 202.5±4.2 mm 크기의 꽃게로 성장하였다 (Table 5). 각 탈피 령기별 체중 성장률을 살펴보면, crab 1기에서 5기까지는 286-357%로 가장 높은 성장률을 보였고, crab 6-10기는 다소 낮은 131-145%를 그리고 crab 11-12기에 335%로 높은 성장률을 보였다가 이후 15기까지 110-173%의 성장률을 보였다 (Table 5).

Crab 1기의 탈피 성장은 사육이 시작된 후 1개월째 crab 8기까지 탈피가 이루어졌고, 사육 2개월 이후부터는 탈피간격이 점차 길어져 어린 게의 개체에 따라 1-3회 탈피가 이루어졌으며, 사육 3개월만에 crab 10-11기로 되었다. 이후 수온이 20°C 이하로 내려가는 월동기에 접어들면서 탈피는 중단되었다. 월동기간 이후 수온이 20°C 이상으로 상승하면서부터 탈피가 다시 시작되어 4개월간 3-4회 탈피하였고, 15개월째에는

Table 5. Molting and growth of the swimming crab *Portunus trituberculatus* juvenile for 24 months

Instar	Cumulative days	Increment		
		Body weight (g)	Carapace length (mm)	Carapace width (mm)
1	3.1	0.007 ± 0.0007	2.7 ± 0.2	4.6 ± 0.1
2	6.3	0.02 ± 0.002	3.7 ± 0.1	7.4 ± 0.3
3	9.6	0.07 ± 0.13	5.3 ± 0.3	11.1 ± 0.7
4	12.9	0.25 ± 0.19	8.0 ± 0.5	16.6 ± 0.7
5	16.4	0.78 ± 0.07	11.5 ± 0.3	23.3 ± 1.1
6	20.5	1.83 ± 0.36	15.3 ± 2.2	32.5 ± 2.1
7	26.8	4.52 ± 0.79	20.7 ± 1.5	44.2 ± 3.0
8	34.8	10.02 ± 1.39	27.1 ± 1.3	57.5 ± 2.8
9	48.2	20.76 ± 1.69	34.2 ± 1.0	74.7 ± 2.2
10	70.1	38.78 ± 6.10	42.2 ± 2.3	89.1 ± 5.7
11	97.6	65.75 ± 10.56	49.4 ± 2.4	106.2 ± 6.0
12	327.6	149.66 ± 23.01	65.0 ± 3.0	135.8 ± 24.4
13	361.1	236.85 ± 20.26	75.1 ± 2.1	161.9 ± 6.0
14	412.1	359.68 ± 45.66	83.6 ± 7.2	179.7 ± 15.7
15	712.6	428.05 ± 57.63	91.5 ± 4.5	202.5 ± 4.2

14기까지 탈피하고 다시 2번째 월동 이후 사육 23-24개월째 사이에 15기까지 탈피하였다. 각 령기별 탈피 소요기간은 crab 1기에서 crab 8기까지는 평균 34.8일이 소요되었고, crab 12기까지는 평균 327.6일이 소요되었으며, crab 15기로 탈피하는 데는 평균 712.6일이 소요되었다 (Table 5, Fig. 2).

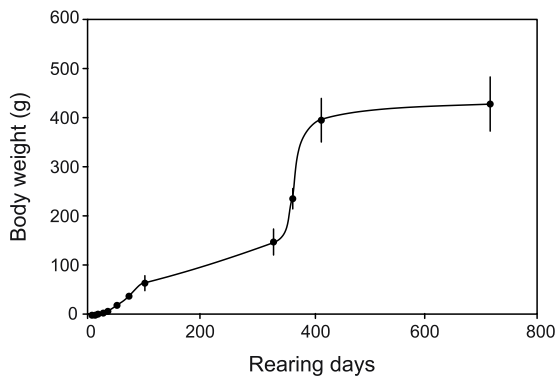


Fig. 2. Growth of the swimming crab *Portunus trituberculatus* for 24 months.

성장에 따른 제 2차 성징의 변화를 복부의 형태로 관찰한 결과, crab 1기에서는 암수가 구분이 되지 않고, crab 2기에 현미경으로 암수를 구분할 수 있었다. 특히 평균 체중 10.0 ± 1.4 g, 평균 갑폭 27.1 ± 1.3 mm 전후의 crab 8기부터는 육안으로 구별이 가능하였다. 꽃게의 교미는 당년 가을 (9월)에 체중 약 100 g (crab 12기) 전후에서 이루어지고, 암컷의 경우에는 탈피 직후의 연갑 상태에서 교미가 이루어졌다. 그리고 포란하고 있는 암컷의 복부 형태는 둥근형에서만 관찰되었다 (Fig. 3).

고 찰

꽃게의 유생 및 어린 계의 성장에 영향을 미치는 환경요인으로는 수온, 염분, 먹이의 양과 질 그리고 사육 밀도 등을 들

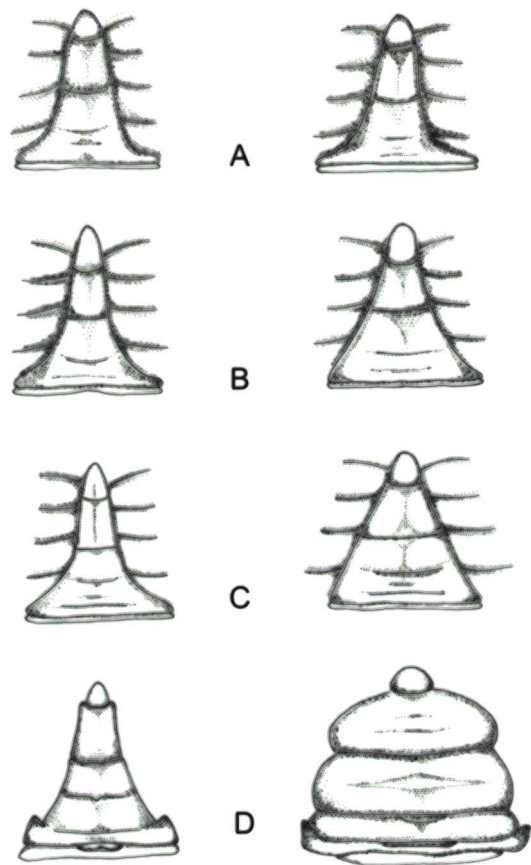


Fig. 3. Morphological changes of male (left) and female (right) abdomen according to the development of the swimming crab *Portunus trituberculatus*. A: crab II, B: crab VII, C: crab XIII, D: after copulation.

수 있다 (Minagawa, 1992). 부화 시 난황의 축적이 없거나 적은 종에서는 최초의 먹이섭취가 가장 중요하며 소화능력이 떨어짐으로 먹이 입자의 크기에 제한을 받으며 그 먹이의 질 또한 지속적인 성장 및 생존율에 영향을 미친다 (Suprayudi et al.,

2002). 즉, 유생에 적절한 먹이를 공급하기 위해서는 쉽게 포획과 소화 가능한 크기와 적절한 영양이 갖추어진 양질의 먹이를 적당한 밀도로 공급하여야 한다. 자연상태에서 꽃게 유생의 먹이계열은 위 내용물을 분석한 결과 *Gammarus*와 *Blanus* 유생, Copepoda와 계류 유생 등이 발견되었으며, 바닥에 잠사하는 어린 계의 시기에는 패류 및 환형동물 등이 발견되었다 (Matsui et al., 1986). *Callinectes similis*와 *C. sapidus*의 위 속에서는 저서성 무척추동물인 패류, 복족류 및 계류가 대부분이었다 (Hsueh et al., 1992). 이를 근거로 하여 실내 종묘생산시 효율적인 먹이종류를 규명하고자 먹이종류별 성장실험을 실시한 결과, 꽃게 종묘생산시 초기먹이로는 zoea 2기까지는 rotifer를 공급하고 zoea 3기 이후부터 artemia를, 그리고 megalopa기에는 계속 artemia와 바지락을 혼합 공급하는 것이 바람직한 먹이 공급인 것으로 사료된다. 이러한 동물플랑크톤의 공급은 영양적인 면에서 중요성을 나타내고 있다. 십각류 (Decapoda)에 관한 연구에서 *C. sapidus*의 초기 zoea 시기에는 소형의 동물플랑크톤이 없으면 높은 폐사율을 나타내며 꽃게류 (portunid)에서도 같은 결과가 나타났다. 또한 부화된 *C. sapidus* 유생은 artemia nauplii를 섭취하지 않으면 다음 유생단계로 발달할 수 없으며 (Sulkin, 1978), 본 종의 경우에는 zoea 3기에 artemia nauplii를 공급함으로써 공식을 방지할 수 있다 (Takeuchi et al., 1999).

어린 계의 성장도 먹이의 종류에 따라 차이를 나타내 바지락, 곤쟁이, 오징어류를 공급한 실험구는 비교적 높은 효율을 나타냈으나 어류와 배합사료를 공급한 실험구에서는 상대적으로 낮은 효율을 나타내었다. 초기에 배합사료를 공급한 실험구의 생존율이 낮은 것은 배합사료 공급 후 바닥에 침전되므로 지속적인 먹이 섭취가 어렵고 사료의 부패 등으로 수질악화에 기인된 것으로 생각된다. 단일 먹이 중 어린 계 사육에서 가장 효율적인 먹이로 나타난 바지락은 성장과 탈피하는데 필요한 영양이 충분히 함유되어 양질의 먹이로 판단되며, 앞으로 영양 분석에 관한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

Ma et al. (2009)의 연구결과에 의하면 적정 수온범위 내에서 수온이 높을수록 생존율이 높았으며 생존기간도 길어졌다고 하였다. 본 연구에서도 수온에 따른 유생의 생존율은 25°C와 30°C에서 높았으며, 수온에 따른 어린 계의 사육실험 결과도 25°C가 적정 수온으로 나타났다. 비록 본 실험의 유생사육 조건이 Ma et al. (2009)의 방법과 달라 직접적인 비교는 어렵지만 두 실험 모두 25°C 이상부터 30°C 이하까지의 수온 범위에서 좋은 결과를 보였다. 즉 자연에서 꽃게 유생이 출현하는 시기의 수온 범위 내에서 유생의 생존율은 온도가 증가할수록 증가하는 것을 암시한다. 그리고 높은 온도에서 생존율이 더 좋은 것은 Hartnoll (1982)이 언급한 것처럼 낮은 온도보다 상대적으로 빠른 성장속도로 인해 곰팡이나 박테리아의 감염과 같은 유해한 환경에 노출되는 시간이 짧기 때문이라고 생각된다.

본 연구에서 월동사육 기간인 겨울철에는 활동이 거의 없었으며, 먹이도 섭취하지 않았지만 폐사된 개체는 없었다. 반면 수온이 상승하여 다시 활동이 시작되는 5월과 6월에 폐사율이

증가하는 경향을 나타냈다. Kim and Go (1970)는 꽃게 월동사육실험에서 대부분 폐사하여 월동이 불가능한 것으로 보고하였다. 월동기간 또는 이후 폐사가 일어나는 것은 수온에 관련된 것보다는 월동기간에 먹이 섭취는 없고 다시 활동이 시작되는 시기에 많은 에너지가 필요하므로 이러한 대사 불균형에 기인된 것으로 판단된다.

꽃게의 zoea 유생 기간동안 염분이 미치는 영향을 연구한 Hue et al. (1972)에 의하면 비중 1.017과 1.019에서 높은 생존율을 보였다고 보고하였고, Rho (1976)는 염분 21 psu 이상이 적정사육 염분이라고 하였다. Pyen (1970)는 염분이 높은 수조보다 강수로 염분이 24.15 psu까지 낮아진 야외수조에서 생존율이 높다고 보고하였다. 본 연구에서 zoea 유생은 저염분 (15 psu)에서 생존율이 매우 저조하였으나, 어린 계의 경우, 20 psu에서 가장 양호한 성장을 보여 적합한 염분 범위 내인 경우 저염분에서 더 좋은 성장을 보였다. 이것은 염분에 따라 탈피 시 물을 흡수하는 정도의 차이가 있어 저염분에서 해수를 다량 흡수하고 고염분에서 적은 양을 흡수하였기 때문이며 (Van Engel, 1958), 일반적으로 염분과 계의 성장 사이에는 역상관관계가 존재한다 (Newcombe, 1945; Cargo, 1958).

갑각류의 탈피주기는 체내의 에너지 축적과 내분비학적인 내적 요인들에 의하여 조절되어질 뿐만 아니라 수온, 광주기 등의 외적 환경요인들에 의해서도 조절되어 진다 (Marcus, 1980; McQueen and Steel, 1980; Nelson et al., 1983). 본 연구에서는 성장단계별 탈피간격은 다른 연구자들의 연구결과들 (Yatsuzuka and Meruane, 1987; Ma et al., 2009)과 같이 유생이나 어린 계가 성장할수록 탈피기간이 길어졌으며 수온에도 많은 영향을 받았다. 장기간 꽃게의 탈피과정을 조사한 본 연구에서도 2년간 탈피로 인한 체중의 증가가 계절적으로 뚜렷하게 불연속적 성장 유형을 나타내었으며 탈피기간도 성장이 진행됨에 따라 길어졌다. 이와 같은 계절적 그리고 불연속적 성장 경향은 Oshima (1938)에 의해 수행되었던 crab 1-14기까지의 각 령기별 성장 실험에서도 나타나 수온이 탈피와 밀접한 관계를 갖는 것으로 판단된다. 저수온에서 탈피기간이 길어지는 것은 Ma et al. (2001)이 보고한 것처럼 느린 대사활동으로 인하여 다음 탈피를 위한 에너지 공급에 많은 시간을 소모해야 하기 때문인 것으로 예상할 수 있다. 그러나 갑각류의 탈피에는 수온과 같은 외적요인 외에도 많은 내적요인과 또 이들 내외적 요인들의 복합작용에 의해 조절되므로 탈피에 따른 성장과 관련된 지속적이고 체계적인 연구가 요구된다. 한편 사육한 꽃게의 경우 부화 후 3-4개월 성장하면 당년 가을에 교미가 이루어지며 다음해 5-7월에 산란하기 때문에 자원생물학적 가입시기가 다른 종에 비해 빠른 것으로 나타났다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원의 수산시험연구과제 (RP-2010-AQ-069)로 수행되었습니다.

참고문헌

Cargo DG. 1958. Sizes of crabs compared. Md. Tidewater

- News 13, 1-4.
- Gardner C and Maguire GB. 1998. Effect of photoperiod and light intensity on survival development and cannibalism of larvae of the Australian giant crab *Pseudocarcinus gigas* (Lamarck). *Aquaculture* 165, 51-63.
- Hartnoll RG. 1982. Growth. In: *The Biology of Crustacea Vol 2. Embryology, morphology and genetics*. Abele LG, eds. Academic Press, New York, U.S.A., 111-196.
- Hartnoll RG. 1983. Strategies of crustacean growth. *Men Australian Mus* 18, 121-131.
- Hsueh PW, McClintock JB and Hopkins TS. 1992. Comparative study of the diets of the blue crabs *Callinectes similis* and *C. sapidus* from a mud-bottom habitat in Mobile Bay, Alabama. *J Crust Biol* 12, 615-619.
- Hue JS, Bang KS and Rho YK. 1972. Studies on the growth and artificial rearing of the larval blue-crab, *Portunus trituberculatus* (Miers). *Bull Fish Res Dev Agency* 9, 55-70.
- Kim BK and Go TS. 1970. Studies on the rearing of blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers). *J Korea Fish Soc* 3, 187-197.
- Kim KB and Hong SY. 2004. Effects of temperature on larval growth and survival in the winkled swimming crab (*Liocarcinus corrugatus*) (Brachyura :Portunidae). *J Korea Fish Soc* 37, 186-191.
- Kurata H. 1962. Studies on the age and growth of crustacea. *Bull Hokkaido Reg Fish Res Lab* 24, 1-115.
- Ma CW, Hong SH, Oh CW and Hartnoll RG. 2001. Post-embryonic growth and survival of *Archaeomysis kokuboi* II, 1964 (Mysidacea) reared in the laboratory. *Crustaceana* 74, 347-362.
- Ma CW, Son DS and Park W. 2009. Survival rate and Growth of larvae and early juveniles in the swimming crab, *Portunus trituberculatus* (Miers) reared in the laboratory. *J Kor Soc Fish Tech* 45, 251-259.
- Marcus NH. 1980. Photoperiodic control of diapause in the marine calanoid copepod *Labidocera aestiva*. *Biol Bull* 159, 311-318.
- Matsui S, Hagiwara Y, Tou H and Tsukahara H. 1986. Study on the feeding habit of the Japanese blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers). *Sci Bull Fac Agr Kyushu Univ* 40, 171-181.
- McQueen DJ and Steel GH. 1980. Ther role of photoperiod and temperature in the initiation of reproduction in the terrestrial isopod *Oniscus asellus* Linnaeus. *Can J Zool* 58, 235-240.
- Minagawa M. 1992. Effects of salinity on survival, feeding, and development of larvae of the red frog crab *Ranina ranina*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 1855-1860.
- Nagaraj M. 1992. Combined effects of temperature and salinity on the zoeal development of the crab *Liocarcinus puber* (Decapoda :Portunidae). *Marine Ecology* 13, 233-241.
- Nelson K, Hedgecock D and Borgeson W. 1983. Photoperiodic and ecdysial control of vitellogenesis in lobster (*Homarus*) (Decapoda, Nephropidae). *Can J Fish Aquat Sci* 40, 940-947.
- Newcombe CL. 1945. 1944-1945 report of the virginia fisheries laboratory. *Va Comm Fish Annu Rep* 46 and 47, 21-30.
- Oda T and Bamba Y. 1982. Mass production of seedling of blue crab *Portunus trituberculatus*. *Bull Fish Exp Stn Okayama Prefect* 227-229.
- Oda T and Kamaki A. 1988. Mass production of seedling of blue crab *Portunus trituberculatus*. *Bull Fish Exp Stn Okayama Prefect* 3, 214-217.
- Oshima S. 1938. Biology and fishery research in Japanese blue crab *Portunus trituberculatus* (Miers). *Journal of Imperial Fisheries Experimental Station* 9, 208-212.
- Passano LM. 1960. Molting and control. In: *Physiology of Crustacea, Vol. I*. Waterman TH, eds. Academic Press, New York, U.S.A., 473-536.
- Pyen CK. 1970. Propagation of the blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers). *Bull Korean Fish Soc* 3, 187-198.
- Rho S. 1976. Studies on the propagation of blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers) (II) The food and food intake of the zoeal larvae. *Bull Fish Res Dev Agency* 15, 57-72.
- Rho S and Park CK. 1976. Studies on the propagation of blue crab, *Portunus trituberculatus* (Miers) (I) The survival of larvae stages to various salinities. *Bull Fish Res Dev Agency* 15, 43-50.
- Sulkin SD. 1978. Nutritional requirements during larval development of the portunid crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *J Exp Mar Biol Ecol* 34, 29-41.
- Sulkin S, Blanco A, Chan J and Bryant M. 1998. Effects of limiting access to prey on development of first zoeal stage of the brachyuran crabs, *Cancer magister* and *Hemigrapsus oregonensis*. *Mar Biol* 131, 515-521.
- Suprayudi M, Kakeuchi T, Hamaaki K and Hirokawa J. 2002. Effect of Artemia feeding schedule and density on th survival and development of larval mud crab *Scylla serrata*. *Fisheries Science* 68, 1295-1303.

- Takeuchi T, Satoh N, Sekiya S, Shimiyu T and Watanabe T. 1999 The effect of dietary EPA and DHA on the molting rate of larval swimming crab *Portunus trituberculatus*. Nippon Suisan Gakkishi 65, 841-998.
- Van Engel WA. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. Part 1. Reproduction, early development, growth and migration. Commer. Fish Rev 20, 6-17.
- Weinberg R. 1982. Studies on the influence of temperature, salinity, light and feeding rate on laboratory reared larvae of deepsea shrimp, *Pandalus borealis* Kroyer. Meeresforsch 29, 136-153.
- Yatsuzuka K and Meruane J. 1987. Growth and Development, especially on external sexual characters of *Portunus (Portunus) pelagicus* (Linne) (Crustacea, Brachyura). Rep Usa mar biol Inst Kochi Univ 9, 1-38.

2010년	9월	6일	접수
2011년	3월	9일	수정
2011년	6월	8일	수리